

Quínoa: Un súper alimento para Chile y el mundo



Nº 108 / Noviembre - Diciembre 2015 ISSN 0717-1609 www.inia.cl

Origen e historia del
cultivo de la quínoa en
Chile y el mundo

Programa de mejoramiento
genético de quínoa:
la nueva apuesta de INIA

Representante Legal:

Julio Kalazich B.
Director Nacional INIA

Director:

Luis Opazo R.
Jefe Nacional de
Comunicaciones INIA

Editora:

Andrea Romero G.
Periodista INIA

Editores Científicos

Pedro León L.
Andrés Zurita S.

Comité Técnico:

Iván Matus T.
Subdirector Nacional de I+D INIA

Horacio López T.
Secretario Técnico INIA

**Coordinadores Programas
Nacionales de INIA:**

Carlos Ovalle M.
Christian Hepp K.
Gabriel Sellés V.
Francisco Tapia F.
Fernando Ortega K.

Textos y Fotografías:

Investigadores, Autores y Archivo
Comunicadores de INIA.

Diseño:

Carola Esquivel
Viento Sur Comunicaciones



Noviembre - Diciembre 2015.

Publicación digital del Instituto
de Investigaciones Agropecuarias
(INIA), Ministerio de Agricultura,
Chile.

Dirección: Fidel Oteiza N° 1956,
Piso 12, Providencia, Santiago.
Fono: +56 2 2 5771000.

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
TOTAL O PARCIAL SIN LA
AUTORIZACIÓN DEL INIA. LA
MENCIÓN DE PRODUCTOS NO
IMPLICA RECOMENDACIÓN INIA

EDITORIAL



La quínoa representa una oportunidad para poner en práctica nuestros objetivos institucionales. Hace pocos años, este cultivo estaba olvidado y casi en abandono, sólo conservado por la sabiduría ancestral de los pueblos originarios, en una tradición de subsistencia de la Agricultura Familiar.

Junto a pequeñas comunidades agrícolas del norte y la zona centro-sur, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha articulado un trabajo inclusivo, con fuerte protagonismo de la mujer, para contar con la primera colección de 203 ecotipos chilenos de quínoa, que se conserva en el Banco Base

de Semillas de INIA en Vicuña. También fueron repatriadas algunas quínoas chilenas.

Después de la recuperación de este patrimonio, estamos avanzando en su mejoramiento genético para lograr variedades que nos permitan proyectarnos en el mercado nacional y mundial, pensando en un desarrollo inclusivo y sustentable para Chile. Por eso, como siempre, este trabajo lo estamos realizando en conjunto con las comunidades, las agricultoras y los agricultores que por años han sembrado este cultivo.

La colaboración está permitiendo definir técnicamente protocolos de cultivo para las distintas zonas del país, pues una de las fortalezas de la genética chilena de la quínoa es que ha logrado sustentabilidad no sólo en el altiplano, sino en el centro-sur, de la mano del pueblo Mapuche.

Aunque persisten tareas pendientes, la quínoa es un producto estratégico, al que las Naciones Unidas dedicó el Año Internacional en 2013 por su relevancia para la seguridad alimentaria del planeta, en un escenario de creciente demanda de alimentos saludables y con el cambio climático y la escasez hídrica como telón de fondo.

Los organismos internacionales, la industria de los alimentos y la medicina han vuelto su mirada a la quínoa, también requerida en las mesas gourmet y por los exigentes consumidores de productos "orgánicos", quienes la han incorporado a sus innovadoras redes de comercialización. Demanda que aumenta cada año, con buenos precios internacionales para un grano por cuya conservación debemos agradecer a los pueblos originarios y su relación ancestral con la naturaleza. Sin duda, un producto que como institución y Ministerio de Agricultura vamos a potenciar y desarrollar.

Julio Kalazich B.
Director Nacional INIA

ÍNDICE



4-9

El rescate de la quínoa en Chile



10-13

Quínoa: un cultivo aliado en la erradicación del hambre



14-17

Origen de la quínoa e historia de su domesticación



18-21

Dinámica de la expansión mundial de la quínoa



22-27

El aporte de comunidades indígenas y locales a la conservación de la quínoa



28-33

INIA: hacia la conformación de una colección nacional de quínoa



34-37

Diversidad genética de la quínoa en Chile



38-41

Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa: la nueva apuesta de INIA



42-47

Sequía, frío y salinidad: respuesta de la quínoa al desafío ambiental



48-51

Avances en el manejo agronómico del cultivo de quínoa en Chile



52-55

Procesamiento y manejo de post-cosecha del grano de quínoa



56-61

Diversidad de los cultivos de quínoa en Chile



62-67

Quínoa: oportunidad y desafío para la agricultura familiar campesina en Chile



68-73

¿Es rentable la producción de quínoa en Chile?



74-78

Mercado real y potencial de la quínoa en Chile

79-81 Referencias de los autores

82-83 Glosario

La dinámica de la expansión mundial de la quínoa

Didier Bazile

Agroecólogo y Geógrafo, Investigador CIRAD,

Experto invitado FAO ¹

didier.bazile@fao.org



Parcela cultivada en Mali. Centro
Experimental Katibougou / Koulikouro
Proyecto ICGEB-TWAS 2007

LAS PRIMERAS ETAPAS DE EXPANSIÓN DE LA QUÍNOA EN EL MUNDO MOSTRARON EL INTERÉS DE LOS PAÍSES IMPORTADORES Y CONSUMIDORES PARA ADAPTAR ESTE CULTIVO A SUS AMBIENTES DEL HEMISFERIO NORTE. UNA NUEVA FASE ESTÁ EMPEZANDO Y CONSIDERA LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS A NIVEL GLOBAL Y LA SALINIZACIÓN DE LAS TIERRAS AGRÍCOLAS PARA EXPERIMENTAR LA QUÍNOA EN PAÍSES ACTUALMENTE NO CONSUMIDORES.

La quínoa representa una alternativa como nuevo cultivo frente a los cambios globales (Schlick y Bubenheim, 1996; Jacobsen, 2003). Así, el aumento de la tasa de salinización de las tierras agrícolas, debido a una intensificación de la agricultura convencional desde los años '60, conduce en primer lugar a una disminución de la producción agrícola y luego, según el territorio, al abandono de los suelos degradados. La tolerancia de la quínoa a suelos salinos ofrece una alternativa no sólo para recuperar estas tierras, sino para producir al mismo tiempo alimentos de alto valor nutricional. Considerando el empeoramiento del clima dentro de los cambios globales, la resistencia de la quínoa a la sequía genera expectativas para regiones del mundo que están muy afectadas por estos factores.

LA INTERNACIONALIZACIÓN DE LA QUÍNOA: UN HECHO HISTÓRICO

Además de su diversidad de especies, es preciso estudiar en profundidad la distribución mundial del género *Chenopodium* -de antiguas raíces-, para entender bien el desarrollo actual de la quínoa cultivada.

Así, es preciso considerar como un hecho histórico que el uso de semillas de *Chenopodium* para la alimentación humana no es exclusivo de la región andina. En los Himalayas se cultiva una especie de *Chenopodiaceae* (clasificada como *Chenopodium album*) en altitudes que van de los 1.500 hasta los 3.000 metros sobre el nivel del mar. La misma especie es conside-

rada hoy como una maleza cosmopolita en Europa, aunque fue parte de la alimentación humana de acuerdo a restos humanos prehistóricos encontrados en Tollund (Dinamarca) y Cheshire (Inglaterra). También *Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae*, especie similar, se consume en México.

Se puede destacar que los *Chenopodium* cultivados están ganando importancia. *Chenopodium quinoa*, comparte su nicho alimentario con dos especies estrechamente relacionadas, la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y el Huazontle (*Chenopodium nuttalliae*) que actualmente se utilizan para la alimentación humana también.

Si nos relacionamos con el complejo proceso de la evolución de la quínoa a partir de sus diferentes ancestros silvestres, para explicar no sólo su domesticación sino también las grandes etapas de su historia, y considerando los aspectos genéticos de su dinámica evolutiva, podemos destacar cuatro momentos.

La primera etapa de la vida de la quínoa habría ocurrido cuando los dos ancestros diploides hibridan para crear la primera forma de quínoa silvestre. Una de las hipótesis sugiere que primero se cruzaron un pariente femenino, *Chenopodium standleyanum* proveniente de la América templada, y un pariente masculino, *Chenopodium album* de Eurasia. Otra hipótesis propone que *C. ficifolium*, a través de un proceso de hibridación natural, generó un ancestro tetraploide en el

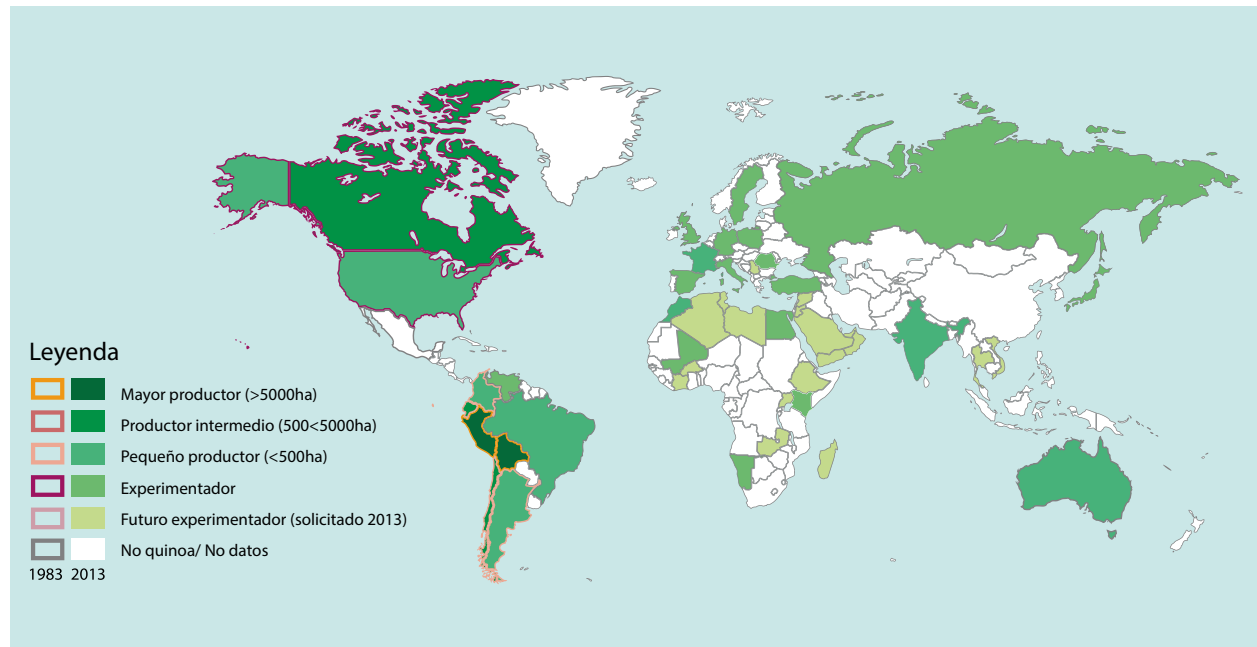
Nuevo Mundo. *C. berlandieri* y *C. hircinum* corresponden a formas tetraploides a partir de las cuales la domesticación del ancestro de la quínoa actual fue posible generando la segunda etapa de su evolución (Jellen *et al.* 2013). Pero esta tercera etapa de diversificación de la especie después de su proceso local de domesticación en los alrededores del lago Titicaca, se detuvo con la conquista española por varias razones: una deprecia- ción del producto como "comida de indios", el rechazo de su uso como bebida para ceremonias culturales (*Mudai*) por la iglesia católica, y el cambio de los patrones alimentarios a través de la escolarización y de las políticas de modernización agrícola. El auge de la quínoa en los años '80 corresponde a la cuarta etapa de su dinámica evolutiva con su difusión actual a todo el mundo.

IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD DE LA QUÍNOA PARA SU DIFUSIÓN MUNDIAL

El proceso ancestral de domesticación de la quínoa se desarrolló utilizando la diversidad de los recursos genéticos de la especie. Ésta se encuentra estrechamente asociada a distintas zonas geográficas con contextos ecológicos específicos, determinando en su conjunto la capacidad de sobrevivencia de la quínoa, y creando a lo largo del tiempo múltiples formas dentro la misma especie.

Debido a la existencia de adaptaciones particulares de quínoa en diferentes zonas a lo largo de Los Andes, se reconocen

Figura 1. Expansión del cultivo de quínoa de 1983 a 2013.
(Adaptado de Bazile *et al*, 2014)



cinco ecotipos que corresponden a: quínoa de los valles interandinos (Colombia, Ecuador y Perú), quínoa del Altiplano norte (Perú y Bolivia), quínoa de las Yungas (Bolivia), quínoa de los salares o Altiplano sur (Bolivia, Chile y Argentina) y quínoa de la costa o de nivel del mar (Chile centro y sur, al menos hasta Chiloé).

Desde los '80, la quínoa ha experimentado un notable "boom" debido al incremento de la demanda regional e internacional.

Por sus características nutricionales y por su resistencia a factores adversos, la quínoa atrajo también el interés de investigadores de Europa y Norteamérica, y hubo varios intentos por introducirla a partir de los años '80 en latitudes altas (López-García, 2007; NRC, 1989).

¿Pero se puede cultivar en ambientes templados? Los intentos iniciales condujeron siempre a fracasos de los primeros ensayos con materiales de Perú y Bolivia que no alcanzaban a madurar en el verano de las altas latitudes.

Los requisitos para la agricultura templada están presentes precisamente en las accesiones del ecotipo de quínoa del nivel del mar de las zonas sur y centro de Chile.

UN RECONOCIMIENTO MUNDIAL A PARTIR DE 1973

Aunque en la actualidad sólo dos países andinos —Bolivia y Perú— concentran la mayor parte de la producción mundial de quínoa, el cultivo realmente comenzó a expandirse a partir de los años '80. En ese momento, Estados Unidos experimentó por primera vez la quínoa en el sur de Colorado, antes de su expansión progresiva a otros estados. Hoy, junto con Canadá, donde la quínoa se cultiva en las planicies de Saskatchewan y Ontario (tradicionalmente ocupadas por praderas o zonas productoras de cereales), se estima que ambos países producen casi el 10% de la quínoa global. En Estados Unidos, los ensayos actuales de quínoa se desarrollan en la costa noroeste del Pacífico

con material chileno y muestran resultados muy prometedores. Aunque las extensiones parecen importantes en superficie, ellas quedan reducidas en comparación al volumen que se vende en Estados Unidos, que es siempre importado de América del Sur.

La introducción de quínoa en Europa se inició en 1978, también con germoplasma de Chile (Universidad de Concepción) que fue llevado, seleccionado y probado por Colin Leakey en Cambridge (Inglaterra) y en el valle del Loire (Francia). Este germoplasma más el germoplasma andino colectado por los investigadores Galwey y Risi, generó la base del programa de mejoramiento de la Universidad de Cambridge (Reino Unido) bajo el liderazgo de Nick Galwey. Desde Cambridge, la quínoa se distribuyó a Dinamarca, Holanda y otros países de Europa (Risi y Galwey, 1991).

En Inglaterra, la quínoa se utiliza como cultivo de cobertura donde se siembra sola o mezclada con colza. En Dinamarca es usada por personas alérgicas al gluten.

ENSAYOS AGRONÓMICOS MUNDIALES EN LOS AÑOS '90 Y 2000

En 1993, un proyecto de la Unión Europea se inició con ensayos agronómicos en Inglaterra, Dinamarca, los Países Bajos e Italia, así como las pruebas de laboratorio en Escocia y Francia. Pero seguramente el proyecto más importante en los '90 y que explica la expansión de la quínoa, fue el que comenzó en 1996 con una coordinación compartida entre la Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (DANIDA) y el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú. A través de esta primera red de cooperación internacional alrededor de la quínoa, hubo ensayos de campo en nuevos países, tales como: Suecia, Polonia, República Checa, Austria, Alemania, Italia y Grecia. Todos ellos han mostrado interés en la experimentación con quínoa y la mayoría se involucró en ensayos dirigidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), coordinados por la Universidad Nacional del Altiplano (Puno, Perú) y por el proyecto DANIDA-CIP.

El objetivo de este proyecto era conocer el estado del arte de la quínoa y realizar múltiples ensayos agronómicos a nivel internacional. Esta iniciativa aumentó significativamente los vínculos entre investigadores y el número de centros de investigación.

Desde esta época, Dinamarca (a través de la Universidad de Copenhague) asociado a Holanda (Universidad de Wageningen), se han interesado en el mejoramiento de la quínoa para su adaptación a varios ambientes. Así, crearon la primera variedad europea — Carmen — dirigiendo ahora la investigación a reducir el nivel de saponina, con el ejemplo de la variedad dulce Atlas.

A partir de esta visibilidad en

el mejoramiento de la quínoa, la Universidad de Copenhague (DK) sigue desarrollando nuevas pruebas de quínoa. Otras colaboraciones científicas recientes son las generadas durante el Proyecto SWUP-MED (2008-2012) para un uso sostenible del agua, a fin de asegurar la producción de alimentos en la región mediterránea frente al cambio climático. Este proyecto corresponde al último paso importante de la expansión de la quínoa, y vincula a numerosos socios de países de la Unión Europea (Italia, Portugal, Reino Unido, Países Bajos y Dinamarca) y países mediterráneos (Turquía, Marruecos, Egipto, Siria).

PERSPECTIVAS A PARTIR DE 2013

Las primeras etapas de expansión mostraron el interés de los países importadores y consumidores para adaptar el cultivo de quínoa a sus ambientes, como por ejemplo: Estados Unidos, Canadá, Francia, Reino Unido y Holanda. Otra etapa de la difusión mundial de quínoa fue la que consideró los cambios climáticos a nivel global y la salinización de las tierras agrícolas, siendo éste el caso de India (Barghava y col., 2006), Pakistán y China en el continente asiático. Luego, Australia que sigue esta misma dinámica, así como también países de los alrededores del mar mediterráneo y del norte de África.

Hoy, entramos en otra etapa de expansión, a raíz de que los nuevos países productores no son los países consumidores y/o importadores tradicionales. Así, esta ola de expansión de la quínoa se refiere a un conjunto de razones que incluyen la gran adaptabilidad del cultivo a partir de su alta diversidad genética, su resistencia a la sequía y tolerancia a la salinidad, su alto valor nutricional para la seguridad alimentaria de la población local y la posibilidad de generar nuevos ingresos a los agricultores.


CONCLUSIONES

La amplia diversidad genética de la quínoa ha permitido adaptar su cultivo a distintos tipos de suelos, particularmente suelos salinos y ambientes con condiciones muy variables de humedad, de altitud y de temperatura. Esta rusticidad y adaptabilidad constituye una ventaja mayor en un contexto de cambio climático y de salinización de las tierras agrícolas a nivel mundial.

La difusión de quínoa a nivel mundial se hace a partir de relaciones fuertes entre instituciones que comparten su material genético.

La promoción de la quínoa a través de variedades mejoradas, estandarizadas para alinearse con las normas de semillas vigentes o para "simplificar" las prácticas agrícolas vinculándose a una agricultura convencional intensiva, no generará la misma resiliencia frente a los cambios globales. Lo anterior, justifica el mantenimiento *in situ* de su diversidad.

La dinámica de expansión a nivel mundial del cultivo de la quínoa, puede generar amenazas para los agricultores si su cultivo sólo se sustenta en una base genética estrecha.

Más allá de las posibilidades que brinda la cadena de producción y valor de la quínoa para el desarrollo de territorios, se abre una interrogante con la ampliación del cultivo fuera de los países andinos. ¿Cómo garantizar una retribución justa y equitativa, según los términos del Convenio de Diversidad Biológica, para los agricultores de los países andinos por la selección realizada durante generaciones? ¿Cómo evitar que esto no influya sobre la disminución de la agrobiodiversidad de los nuevos países productores? 

REFERENCIAS



Artículo: Quínoa: un cultivo aliado en la erradicación del hambre
Autor: Salomón Salcedo
Páginas: 10-13

Referencias del autor:

FAO. (2012). FAOSTAT. Retrieved May 2013, from <http://faostat.fao.org/>
 FAO. (2013). The State of Food and Agriculture 2013 – Food Systems for Better Nutrition. Rome.
 Salcedo, S. (2013, July). F@armletter. Retrieved from World Farmers Organization: http://www.wfo-oma.org/media/k2/attachments/WFO_Farmletter_07_2013.pdf



Artículo: El origen de la quínoa y la historia de su domesticación
Autor: Ángel Mujica
Páginas: 14-17

Referencias del autor:

Heiser, C.B. y Nelson, D.C. 1974. On the origin of the cultivated Chenopods (*Chenopodium*). Genetic 78:503-505. [int/doc/legal/cbd-es](http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es)



Artículo: Dinámica de la expansión mundial de la quínoa
Autor: Didier Bazile
Páginas: 18-21

Referencias del autor:

Bazile D. *et al.* (Editores), 2014. “Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 710p.
 Bhargava Atul, Shukla Sudhir & Ohri Deepak (2006). *Chenopodium quinoa* -An Indian perspective. Industrial Crops and Products 23: 73–87.
 CDB (1992) Convenio sobre Diversidad Biológica. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
 Jacobsen Sven-Erik (2003): The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Food Reviews International, 19 (1-2): 167-177
 Jellen R. and Maughan J., 2013. Quinoa phylogenetic insights based on nuclear and Chloroplast, International Quinoa Research Symposium.
 López-García R. 2007. Quinoa: A traditional Andean crop with new horizons. Cereal Foods World, 52, 88-90.
 National Research Council (NRC), (1989). Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation.
 Risi J. & Galway N. W. 1991. Genotype X Environment Interaction in the Andean grain crop quinoa (*C. quinoa*) in temperate environments. Plant Breeding, 107: 141-147.
 Schlick, G., and D. L. Bubenheim. 1996. Quinoa: Candidate crop for NASA's Controlled Ecological Life Support Systems. In: Janick, J., Eds. Progress in New Crops, ASHS Press: Arlington, USA, pp. 632-640.



Artículo: El aporte de las comunidades indígenas y locales en la conservación de la quínoa
Autores: Didier Bazile, Max Thomet
Páginas: 22-27

Referencias del autor:

Bazile D., Chia E., Hocdé H., Negrete Sepulveda J., Thomet M., Nuñez L., Martínez E.A. 2012. Quinoa heritagen an important resource for tourism experience. Revista geográfica de Valparaíso (46): 3-15.
 Fuentes F., Bazile D., Bhargava A., Martínez E.A. 2012. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in

Chile. *Journal of Agricultural Science*, 150 (6): 702-716.

Louafi S., Bazile D., Noyer J.L. 2013. Conserver et cultiver la diversité génétique agricole : aller au-delà des clivages établis. In: Hainzelin E. (Ed.). *Cultiver la biodiversité pour transformer l'agriculture*. Versailles: Ed. Quae, p. 185-222.

Thomet M., Bazile D. 2013. The role of "curadoras" in the conservation of quinoa varieties in the Mapuche communities in southern Chile. In: Coudel E. (ed.), Devautour H. (ed.), Soulard C. (ed.), Faure G. (ed.), Hubert Bernard (ed.). *Renewing innovation systems in agriculture and food: How to go towards more sustainability?* Wageningen Academic Publishers, p. 174-175.



Artículo: INIA: hacia la conformación de una Colección Nacional de Quínoa

Autores: Pedro León-Lobos, Ana Sandoval, Enrique Veas, Hernán Cortés.

Páginas: 28-33

Referencias del autor:

Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013). *Descriptores para quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres*. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.

Rojas W, M. Pinto, C. Alanoca, L. Gómez-Pando, P. León-Lobos, A. Alercia, S. Diulgheroff, S. Padulosi y D. Bazile. (2014). Estado de la conservación *ex situ* de los recursos genéticos de quínoa Capítulo. 1.5. BAZILE D. *et al.* (Editores), 2014. Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), páginas 65-94.



Artículo: Diversidad genética de la quínoa en Chile

Autores: Francisco Fuentes, Didier Bazile, Enrique Martínez

Páginas: 34-37

Referencias del autor:

Bazile D., Fuentes F. and Mujica A. 2013. Historical perspectives and domestication of quinoa. In: *Quinoa: Botany, Production & Uses*. A. Bhargava, S. Srivastava (ed). CABI Publisher, Wallingford, UK. ISBN: 9781780642260.

Fuentes F., Bazile D., Bhargava A. and Martínez E. A. 2012. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *The Journal of Agricultural Science* 150(6): 702-716.

Fuentes F., Martínez, E. A., Hinrichsen, P. V., Jellen, E. N., & Maughan, P. J. 2009. Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conservation Genetics* 10(2): 369-377.



Artículo: Programa de Mejoramiento Genético de Quínoa: la nueva apuesta de INIA

Autor: Christian Alfaro. *Colaboraron en este artículo los investigadores:* Andrés Zurita-Silva, Dalma Castillo, Pedro León-Lobos, Ivette Seguel, Jorge Díaz, Kurt Ruf, Manuel Pinto, Iván Matus.

Páginas: 38-41

Referencias del autor:

Bonifacio A., L. Gómez-Pando, y W. Rojas (2014) *Mejoramiento Genético de la Quínoa y el Desarrollo de Variedades Modernas*. Capítulo 2.5. En: BAZILE D. *et al.*, (Editores), "Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia): pp. 203-226.

Bazile D., D. Bertero y C. Nieto (Eds., 2014). "Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia), 724 pp., (disponible en <http://www.fao.org/3/a-i4042s/index.html>).

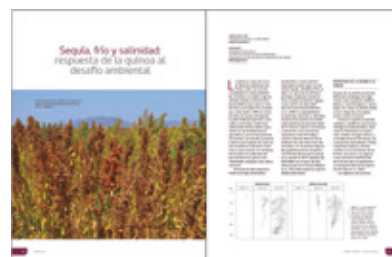
Fuentes, F., P. J. Maughan; E. R. Jellen (2009) *Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quínoa, (*Chenopodium quinoa* Willd.)*. Revista Geográfica de Valparaíso, N° 42, p. 20-33.

Mellado M. 2014. Nociones básicas sobre genética y mejoramiento vegetal y animal. Revisión de antecedentes. Colección de libros INIA N°29, 292 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación INIA Quilamapu.

Von Baer I., D. Bazile y E. Martínez (2009). Cuarenta años de mejoramiento de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en La Araucanía: Origen de La Regalona-B. Revista Geográfica de Valparaíso 42: 34-44.

Palomino G., L. T. Hernández, E. D. Torres (2008). Nuclear Genome size and chromosome analysis in *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* sub sp nuttalliae. *Euphytica* 164:221-230.

Zurita-Silva A., F. Fuentes, P. Zamora, S-E. Jacobsen and A. R. Schwember (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding* 34:13-30.



Artículo: Sequía, frío y salinidad: respuesta de la quínoa al desafío ambiental

Autores: Andrés Zurita-Silva, Karina Ruiz

Páginas: 42-47

Referencias del autor:

Álvarez-Flores R. A. (2012). Réponses morphologiques et architecturales du système racinaire au déficit hydrique chez des *Chenopodium* cultivés et sauvages d'Amérique andine. Tesis de Doctorado. Université Montpellier 2, Montpellier, Francia. 114 p.

Biondi S, K. B. Ruiz, E. A. Martínez, A. Zurita-Silva, F. Orsini, F. Antognoni, G. Dinelli, I. Marotti, G. Gianquinto, S. Maldonado, H. Burrieza, D. Bazile, VI Adolf, S-E Jacobsen. Tolerancia a condiciones salinas. Capítulo 2.3. En: BAZILE D. *et al.* (Editores), "Estado del arte de la quínoa en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 167-184.

Jacobsen S., Monteros C. Christiansen J., Bravo L., Corcuera L., & Mujica A. (2005).

Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22 (2), 131–139.

Ruiz-Carrasco K.B., F. Antognoni, A.K. Coulbaly, S. Lizardi, A. Covarrubias, E.A. Martínez, M.A. Molina-Montenegro, S. Biondi y A. Zurita-Silva (2011). Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression. *Plant Physiology and Biochemistry* 49: 1333-1341.

Zurita-Silva A., Jacobsen S-E, Razzaghi F., Álvarez-Flores R., Ruiz K.B., Morales A., Silva H. (2014). Respuestas a la sequía y adaptación de la Quinoa. Capítulo 2.4. En: BAZILE D. *et al.* (Editores), “Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 185-202.

Zurita-Silva A., F. Fuentes, P. Zamora, S-E Jacobsen, A.R. Schwember (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding* 34:13-30.



Artículo: Procesamiento y manejo de post-cosecha del grano de quinoa
Autores: Enrique Veas, Hernán Cortes, Pablo Jara
Páginas: 52-55

Referencias del autor:
 FAO. 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. 350 p.



Artículo: Diversidad de los cultivos de quinoa en Chile
Autores: Didier Bazile, Eduardo Chia, Pablo Olguín
Páginas: 56-61

Referencias del autor:

Bazile D. (ed.), Negrete Sepúlveda J. (ed.). 2009. Quinoa y biodiversidad: ¿cuáles son los desafíos regionales? *Revista Geográfica de Valparaíso* (42): 1-141.

Bazile D., Chia E., Hocdé H. 2012. Le détournement d'instruments de politiques publiques de développement rural au Chili au bénéfice de la production du Quinoa. *Reflète et perspectives de la vie économique* (Tome LI) : 35-56. <http://dx.doi.org/10.3917/rpve.512.0035>.

Bazile D., Martínez E.A., Hocdé H., Chia E. 2012. Primer encuentro nacional de productores de quinoa de Chile: Una experiencia participativa del proyecto internacional IMAS a través de una prospectiva por escenarios usando una metodología de “juego de roles”. *Tierra Adentro* (Chile) (97): 48-54.

Chia E., Hocdé H., Alfonso D., Bazile D., Núñez L., Martínez E. A. 2009. Gouvernance de la biodiversité du quinoa au Chili. Entre logique de marché et logique domestique. In: *Colloque International Localiser les produits: une voie durable au service de la diversité naturelle et culturelle de Sud?*, 9-11 juin 2009, Paris, France. 10 p. http://www.mnhn.fr/colloque/localiserlesproduits/11_Paper_CHIA_E.pdf

Olguín P., 2011. Dinámicas espaciales de los sistemas de producción de quinoa en la región del Libertador Bernardo O'Higgins de Chile, con relación a los factores económicos y del medio ambiente. Memoria para optar al título de geógrafo. PUCV, mayo 2011.



Artículo: ¿Es rentable la producción de quinoa en Chile? Un análisis desde los costos de producción
Autores: Enrique Martínez, Iván Donoso, Eduardo Chia
Páginas: 68-73

Referencias del autor:
 Alfonso-Bécares D., Bazile D. (2009). La quinoa como parte de los sistemas agrícolas en Chile: 3 regiones y 3 sistemas. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:61-72.

Proyecto Innova CORFO 04CR9PAD04. “Cultivo doble propósito de *Chenopodium quinoa* (quinoa) para la región de Coquimbo: modelo de grano para consumo humano y

follaje para ganado caprino” (2005-2008).

Brossier J., Chia E., Marshall E., Petit M. (1998). Gestion de l'exploitation agricole familiale Éléments théoriques et méthodologiques. *Économie rurale* 244 :59-60.

Martínez E.A., Veas E., Jorquera C., San Martín R., Jara P. (2009) Re-introduction of *Chenopodium quinoa* Willd. into arid Chile: cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195:1-10.

Martínez, E.A., Jorquera-Jaramillo C., Veas E., Chia E. (2009). El futuro de la quinoa en la región árida de Coquimbo: lecciones y escenarios a partir de una investigación sobre su biodiversidad en Chile para la acción con agricultores locales. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:95-111.


Martínez E.A., Olguín P. (2013). Transparency from production to consumption: new challenges for the quinoa market chain. En: *Quinoa: Botany, Production and Uses* (A. Bhargava, Ed.) CABI Publishing, CAB International. Oxfordshire, UK. Pp.234-239.



Artículo: Mercado real y potencial de la quinoa en Chile
Autores: Rodrigo Pizarro, Enrique Martínez
Páginas: 74-78

Referencias del autor:
 Alfonso-Bécares D., Bazile D. (2009) La Quinoa como parte de los sistemas agrícolas en Chile: 3 regiones y 3 sistemas. *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:61-72.

Bazile D., Baudron F. (2014). Dinámica de su expansión mundial del cultivo de la quinoa respecto a su alta biodiversidad. Capítulo Número 1.4. En: Bazile D. *et al.* (Editores), “Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia): pp. 49-64.

Vega-Gálvez A., Miranda M., Vergara J., Uribe E., Puente L., Martínez E.A. (2010) Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 2541-2547. 

Accesión: Se denomina así a la muestra viva de una planta o población mantenida en un banco de germoplasma para su conservación y/o uso. Una especie puede estar representada por varias accesiones que se diferencian por la población a la que pertenecen y/o por la temporada de colecta.

Agricultura Orgánica: Modo de producción agrícola que no usa agrotóxicos de síntesis química artificial (pesticidas, herbicidas) dañinos al medio ambiente o al ser humano.

Alelo: Una, dos o más formas alternas de un gen que ocupan el mismo locus en un cromosoma.

Aminoácidos esenciales: Aquellas partes de las proteínas que el ser humano no puede fabricar a partir de otros alimentos y debe ingerirlas obligatoriamente en su dieta. Son ocho en total.

Amortización: Reducción de una deuda, producida por la compra de un bien de capital, mediante el pago mensual de cuotas.

Andro-esterilidad: Incapacidad de las plantas para producir anteras, polen o gametos masculinos funcionales.

Auto-incompatibilidad: Incapacidad de una planta hermafrodita para auto-fecundarse.

Autopolinización: Transporte del polen de la antera al estigma de la misma flor o flores del mismo individuo.

Biodiversidad agrícola o agro-biodiversidad: Considera todos los grupos vegetales y animales en agricultura, como sus parientes silvestres, especies de origen y especies que interactúan con ellas, como son los polinizadores, plagas, predadores, y toda la gama de medios donde se desarrolla la agricultura, y no sólo los espacios con tierras arables y parcelas cultivadas. Así, ella contiene toda la variedad y la variabilidad de los seres vivos que contri-

buyen a los alimentos y a la agricultura en general. La agro-biodiversidad incluye los genes, las poblaciones, las especies, las comunidades, los ecosistemas, y los componentes del paisaje, pero también las interacciones humanas con ellos; incluyendo hábitats y especies que están fuera de los sistemas agrícolas y que van a beneficiar a la actividad agrícola y mejorar las funciones del ecosistema cultivado.

Cañihuaco (Del Qechua): Harina tostada de cañihua.

Caracterización: El registro de caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente observados y expresados en todos los ambientes.

Chaquitaklla (Del Qechua): Herramienta manual para labranza del suelo.

Compuestos fenólicos: Son compuestos orgánicos de tipo secundario del metabolismo vegetal, y múltiples roles tales como productos de defensa ante herbívoros y patógenos, atraen polinizadores o dispersores de frutos, algunos absorben la radiación ultravioleta, o actúan como agentes alelopáticos.

Conductividad eléctrica (EC): la salinidad del suelo es medida por su conductividad eléctrica (electrical conductivity). La unidad estándar de medida de EC es deciSiemen/metro (dS/m).

Cosmopolita: En biogeografía, el término cosmopolita se aplica a especies que se encuentran distribuidas en todo el mundo, a manera general, pero que requieren de condiciones locales que les son comunes para las áreas en donde ocurren tales especies.

Defoliación: Caída de las hojas de las plantas.

Desaponificado: Eliminación mecánica de la cáscara de la semilla de quínoa, que contiene un producto jabonoso al contacto con el agua y amargo.

Diversidad genética: Toda la variabilidad hereditaria que existe dentro o entre poblaciones o especies, que se origina, favorece o mantiene por fuerzas evolutivas. Corresponde a toda la diversidad de alelos dentro de genes y genes como tal.

Domesticación: Conjunto de actividades dirigidas a incorporar una planta silvestre al acervo de plantas para el uso y consumo humano. Incluye el sistema de reproducción de la especie, los sistemas de cruzamiento y el manejo agrícola, y que pueden culminar con la especie domesticada dependiendo enteramente del ser humano para su propagación y perdiendo la capacidad de sobrevivir en la naturaleza.

Economías de escala: Reducción de costos de insumos (expresados en precios por kilo o por litro), por aumento de los volúmenes de compra de los mismos insumos, ligados a mayores niveles de producción.

Ecotipo: Población o raza local de una especie que presenta características botánicas distintivas, las cuales surgen de la interacción entre el genotipo y las características ecológicas del ambiente local.

Escarificación: Remoción de la cubierta externa de la semilla por efecto abrasivo.

Especies reactivas de oxígeno (ROS, Reactive Oxygen Species): son moléculas altamente reactivas, y se forman de manera natural como subproducto del metabolismo, con roles en la señalización celular e incluyen iones de oxígeno, radicales libres y peróxidos. En estrés sus niveles pueden aumentar, resultando en daños significativos a las estructuras celulares (estrés oxidativo).

Estomas: son grupos de dos o más células epidérmicas, cuya función es regular el intercambio gaseoso y la transpiración en las hojas de la planta. Comunican el ambiente gaseoso del interior de

la planta con el del exterior, y pueden abrirse o cerrarse según las condiciones de la planta.

Fenotipo: Características observables de un individuo, resultantes de la expresión del genotipo en función de un determinado ambiente en que se desarrolla.

Fotosíntesis: Proceso que realizan plantas y otros organismos, de conversión de materia inorgánica (CO₂, H₂O) en materia orgánica (carbohidratos) gracias a la energía que aporta la luz.

Género: Categoría que reúne a especies afines, con características y origen común.

Genotipo: Constitución genética, latente o expresada de un organismo. Representa la suma de todos los genes presentes en un individuo.

Germoplasma: Conjunto de genes que se transmite a la descendencia. Constituye un patrimonio genético estratégico para generar nuevos productos.

Glucósidos: Compuestos que poseen algunas plantas y son nocivos para la salud.

Gluten: Conjunto de proteínas presentes en las harinas de los cereales.

Hibridación: Cruzamiento de dos individuos de la misma especie, o variedad genotípicamente desiguales.

Marcador molecular: Secuencias de ADN que marcan posiciones específicas en el genoma y que pueden determinar, según su naturaleza, la expresión de proteínas, caracteres morfológicos o segmentos específicos de ADN.

Metapoblación: Conjunto de poblaciones discretas de una misma especie, separadas espacialmente y vinculadas por un cierto grado de migración y, sujetas a procesos de extinción y colonización.

Panoja: Conjunto de flores, simples o

compuestas, con un eje más o menos alargado, que lleva ramificaciones donde se insertan las flores pediceladas.

Pedicelo: Es el tallo que sostiene una sola flor y que la une a la planta.

Polinización Cruzada: Transporte de polen de la antera de un individuo al estigma de la flor de otro individuo de una misma especie de planta.

Postcosecha: Intervalo entre la cosecha y el consumo del cultivo. Se realizan procesos dirigidos a mantener la calidad del producto agrícola, incluyendo su procesamiento, manejo, almacenamiento, conservación, empaque y transporte. Como su nombre lo indica, posteriormente al periodo de cosecha.

Recursos genéticos: Todas las plantas, animales o microorganismos de valor de uso real o potencial para el ser humano.

Regeneración: Cultivo de accesiones de semillas con el fin de refrescar la muestra, para así obtener semillas en gran cantidad y alta calidad.

Revolución verde: Proceso de modernización de las prácticas agrícolas iniciado en la década del '40 en México. Fue impulsado por el Dr. Norman E. Borlaug, científico estadounidense, preocupado por las recurrentes hambrunas y falta de alimentos en los países subdesarrollados. Dado su éxito en incrementar la producción agrícola, las tecnologías desarrolladas en la Revolución Verde se ampliaron a escala mundial, principalmente en la década de los 50 y 60, asociándose con el aumento de la mecanización y del uso de químicos. Resultando un incremento significativo en rendimiento y cantidad de calorías por hectárea cultivada.

Saponina: Grupo de glucósidos triterpenoides solubles en agua. Poseen la capacidad de bajar la tensión superficial generando espuma abundante.

Sistemas de producción agrícola: Se definen como el conjunto de insumos, técnicas, mano de obra, tenencia de la tierra y organización de la población para producir uno o más productos agrícolas y pecuarios. Estos sistemas, complejos y dinámicos, están fuertemente influenciados por el medio rural externo, incluyendo mercado, infraestructura y programas, por lo que facilitan la evaluación ex ante de inversiones y políticas concernientes con la población rural

Tetraploide: Presencia de cuatro juegos de cromosomas en el núcleo.

Tocoferol: Compuesto orgánico conocido como Vitamina E, del cual el gamma-tocoferol es una de las formas más comunes en los alimentos. Los tocoferoles tienen propiedades antioxidantes.

Vacuola: Son compartimentos que se encuentran en las células vegetales, rodeadas de una membrana (tonoplasto o membrana vacuolar) y llenas de jugo celular.

Valor FOB: Valor del producto exportado puesto a bordo del medio de embarque (del inglés: Freight On Board, cargado a bordo).

Variabilidad genética: Variación en el material genético de una población o especie, y muy necesaria para realizar mejoramiento genético de un cultivo.

Varietal tradicional (landrace en inglés): Población dinámica de una planta cultivada, con origen histórico, características distintivas, y que no es producto de un proceso formal de mejoramiento genético, siendo normalmente genéticamente diversa, localmente adaptada y está asociada a un sistema tradicional de cultivo.

Xilema: Tejido leñoso de plantas que conduce agua y sales inorgánicas en forma ascendente por toda la planta y proporciona soporte mecánico. 